

EVALUASI KECERNAAN *IN VITRO* METODE SEPARASI DAN EKSTRUSI PALM KERNEL CAKE SEBAGAI BAHAN BAKU PAKAN UNGGAS

In Vitro Digestibility Evaluation of Separation and Extrusion Methods for Palm Kernel Cake as a Raw Material for Poultry Feed

Lidya Foni^{1*}, Heri Ahmad Sukria², Yuli Retnani², Sazli Tutur Risyahadi²

¹ Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan, Kelautan dan Perikanan, Universitas Nusa Cendana, Kupang, Indonesia

² Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, IPB University, Bogor, Indonesia

*Corresponding Author: lidya.foni@staf.undana.ac.id

ABSTRAK

Palm Kernel Cake (PKC) adalah hasil samping industri minyak kelapa sawit yang tersedia sepanjang tahun, harga terjangkau, kaya nutrisi sumber protein. Namun, kendala utama pemanfaatan PKC adalah tingginya fraksi cangkang yang menyebabkan kadar serat kasar tinggi sehingga berimplikasi pada rendahnya pencernaan nutrisi pada unggas. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pencernaan *in vitro* PKC yang diproses melalui metode separasi dan ekstrusi sebagai bahan baku pakan unggas. Penelitian menggunakan tiga perlakuan dengan empat ulangan, di antaranya: P₁ (PKC tanpa perlakuan), P₂ (PKC hasil pengayakan), P₃ (PKC hasil kombinasi pengayakan dan ekstrusi). Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh signifikan ($P < 0,05$) terhadap pencernaan nutrisi. Perlakuan pengayakan menghasilkan pencernaan protein kasar tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya, sementara perlakuan kombinasi pengayakan dengan ekstrusi meningkatkan pencernaan serat kasar, namun tidak berbeda dengan perlakuan pengayakan. Pengolahan PKC melalui pengayakan maupun kombinasi pengayakan dan ekstrusi mampu meningkatkan pencernaan protein kasar dan serat kasar. Namun demikian, pencernaan protein kasar tertinggi diperoleh pada perlakuan pengayakan.

Kata kunci: *Palm kernel cake*; Pengayakan; Ekstrusi; *In vitro*; Kecernaan pakan

ABSTRACT

Palm kernel cake (PKC) is a year-round by-product of the palm oil industry that is affordable and rich in protein nutrients. However, the main obstacle to using PKC is its high shell fraction, which leads to high crude fiber content and low nutrient digestibility in poultry. This research investigated the *in vitro* digestibility of PKC processed by separation and extrusion methods for use as a poultry feed ingredient. The study employed three treatments with four replicates, namely: P₁ (untreated PKC), P₂ (sieved PKC), and P₃ (PKC resulting from a combination of sieving and extrusion). The results of this study indicate that the treatments applied had a significant effect on nutrient digestibility ($P < 0.05$). The sieving treatment produced the highest crude protein digestibility compared with the other treatments. In contrast, the combined sieving and extrusion treatment increased crude fiber digestibility but did not differ significantly from the sieving treatment. Processing PKC via screening or a combination of screening and extrusion can increase the digestibility of crude protein and crude fiber. However, the highest crude protein digestibility was obtained in the screening treatment.

Keywords: Palm Kernel Cake; Sieving; Extrusion; *In vitro*; Feed digestibility

PENDAHULUAN

Kebutuhan terhadap produk peternakan unggas menunjukkan tren peningkatan setiap tahun. Data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021 menunjukkan bahwa konsumsi daging ayam di Indonesia mencapai rata-rata 0,14 kg per kapita per minggu. Seiring dengan meningkatnya permintaan tersebut, produksi daging ayam ras pada tahun 2022 dilaporkan mencapai 3.765.573,09 ton (Kementerian Pertanian, 2023). Dalam usaha peternakan unggas, pakan merupakan komponen biaya terbesar yang menyumbang lebih dari 70% terhadap total biaya produksi. Namun demikian, ketersediaan bahan baku pakan, khususnya sumber protein seperti kedelai dan tepung ikan, belum sepenuhnya terpenuhi karena masih bergantung pada impor. Keterbatasan pasokan serta meningkatnya harga bahan pakan sumber protein berdampak pada stabilitas harga dan kualitas ransum. Sedangkan, bahan pakan sumber protein berkontribusi sekitar 18 – 23% dalam formulasi pakan unggas, sehingga diperlukan alternatif bahan pakan sumber protein yang ekonomis dan tersedia secara berkelanjutan. Salah satu sumber bahan pakan alternatif yang berpotensi dikembangkan berasal dari hasil samping agroindustri kelapa sawit.

Indonesia merupakan salah satu produsen utama minyak kelapa sawit di dunia dengan tren produksi yang terus meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Perkebunan (2022), luas areal kelapa sawit mencapai 15.380.981 ha dengan total produksi sebesar 48.235.405 ton. Proses pengolahan minyak inti sawit menghasilkan sekitar 3,5% produk samping berupa bungkil inti sawit atau *Palm Kernel Cake* (PKC), dengan total produksi mencapai sekitar 1.688.239 ton per tahun. *Palm Kernel Cake* merupakan produk samping dari proses ekstraksi minyak kelapa sawit yang memiliki potensi besar sebagai bahan baku pakan karena ketersediaannya yang tidak

bergantung pada musim serta harganya yang relatif terjangkau. Secara nutrisi, PKC mengandung bahan kering (BK) sebesar 92,1%, protein kasar (PK) berkisar 14,5%–19,6%, lemak kasar (LK) 9,4%, abu 3,9%, dan serat kasar (SK) sebesar 12%–20% (Mairizal *et al.*, 2019; Azizi *et al.*, 2021; Prasetya *et al.*, 2021). Namun demikian, pemanfaatan PKC dalam ransum unggas masih terbatas akibat tingginya keberadaan fraksi cangkang yang tercampur pada bungkil inti sawit, sehingga menyebabkan kadar serat kasar menjadi tinggi. Serat kasar pada PKC tersusun atas galaktomanan sebesar 77–79%, arabinoksilan 3%, selulosa 12%, dan glukuronoksilan 3% (Gomez-Osorio *et al.*, 2022), sehingga membatasi penggunaannya dalam formulasi pakan unggas. Tingginya kadar serat kasar tersebut dapat menimbulkan gangguan pencernaan dan menurunkan performa unggas (Zubaidah *et al.*, 2024). Sehingga diperlukan penerapan teknologi pengolahan pakan untuk meningkatkan kualitas nutrisi dan pencernaan PKC. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah teknologi pengolahan fisik.

Teknologi pengolahan fisik, seperti pengayakan (separasi) dan ekstrusi, memiliki berbagai keunggulan dalam meningkatkan kualitas bahan pakan. Metode pengayakan relatif mudah diterapkan, berbiaya rendah, dan efektif dalam menurunkan kandungan serat kasar. Sementara itu, proses ekstrusi yang melibatkan suhu tinggi dalam waktu singkat dilaporkan dapat meningkatkan kualitas nutrisi bahan pakan serta menekan keberadaan mikroorganisme yang merugikan (Faridah *et al.*, 2020). Penelitian ini didasarkan pada rendahnya efisiensi pemanfaatan PKC dalam ransum monogastrik akibat kendala pencernaan fraksi serat. Mengingat Integrasi metode pengayakan dan ekstrusi untuk mendegradasi ikatan kompleks

lignoselulosa yang masih terbatas dalam literatur pakan, sehingga penerapan kombinasi kedua metode ini diharapkan mampu mengurangi kadar serat kasar yang menghambat proses pencernaan, sekaligus meningkatkan pencernaan serat kasar dan protein kasar. Selain itu, pemanfaatan PKC hasil pengolahan berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap bahan pakan

sumber protein konvensional, khususnya bungkil kedelai dan tepung ikan, dalam formulasi ransum unggas. Sejalan dengan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pencernaan PKC yang diproses melalui metode pengayakan dan ekstrusi sebagai bahan baku pakan unggas secara *in vitro*.

MATERI DAN METODE

Waktu dan Lokasi

Penelitian ini berlangsung dari bulan April hingga bulan Juni 2023. *Palm Kernel Cake* (PKC) diperoleh dari toko pakan di Bogor Jawa Barat. Selanjutnya, pembuatan ekstrudat di Laboratorium Industri Pakan dan pengujian pencernaan *in vitro* dilaksanakan di Laboratorium Ternak Perah, IPB University, Bogor Jawa Barat.

Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan bahan tunggal yaitu *Palm Kernel Cake* (PKC). Kondisi umum PKC yang ada di pasaran biasanya masih memiliki cangkang yang menempel pada daging inti sawit sehingga

perlu memisahkan cangkang dengan cara penggilingan/*grinding* dan pengayakan/*sieving* (Nafisah *et al.*, 2022). Pemisahan cangkang dengan cara penggilingan/*grinding* menggunakan mesin *hammermill* dengan kecepatan 3500 rpm, dengan tingkat kehalusan kasar ukuran *screen* 5 mL dengan *speed rate* <10 detik. Selanjutnya, pengayakan menggunakan alat *sieve shaker* (Retsch GmbH & Co. KG, Jerman) ukuran mesh ≤ 30 atau 0,600 mm dan mesin ekstruder ulir tunggal merek *Zhengzhou Bainte Machinery Equipment LTD* – China (Gambar 1).



Gambar 1. Mesin Ekstruder

Desain dan Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan 4 ulangan yang terdiri atas :
P₁: PKC yang masih bercampur dengan cangkang
P₂: PKC yang diproses melalui pengayakan dengan ukuran 30 mesh.

P₃: PKC hasil kombinasi pengayakan dan ekstrusi pada suhu 91 °C dan kadar air 42%

Komposisi nutrisi *Palm Kernel Cake* pada masing-masing perlakuan tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Nutrisi dengan Pengolahan Fisik Berbeda pada *Palm Kernel Cake*

Uraian	P ₁	P ₂	P ₃	Referensi (**)
Bahan kering (%) [*]	89,33±0,57 ^{ab}	88,35±0,10 ^a	90,36±1,39 ^b	min. 86,0
Protein kasar (%) [*]	20,10±0,75 ^a	22,13±0,37 ^b	21,49±0,51 ^b	min. 22
Serat kasar (%) [*]	18,71±2,25 ^b	16,97±2,25 ^{ab}	14,23±0,49 ^a	maks 5
Lemak kasar (%) [*]	9,65 ±0,82	10,73±1,68	10,98±2,02	min 5
Abu (%) [*]	6,05 ±0,22 ^a	6,68 ±0,12 ^b	6,70 ±0,28 ^b	maks 8

Keterangan: P₁ (PKC tanpa perlakuan), P₂ (PKC hasil pengayakan), P₃ (PKC hasil kombinasi pengayakan dan ekstrusi). ^{*}(Foni *et al.*, 2023), ^{a,b,c} superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perlakuan berbeda nyata (P<0,05), ^{**}(Standar Nasional Indonesia, 2015).

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah pencernaan *in vitro* yang terdiri dari pencernaan protein kasar dan pencernaan serat kasar.

Analisis Kecernaan *In Vitro*

Kecernaan protein kasar dan pencernaan serat kasar *in vitro* dianalisis menggunakan metode (Parsons *et al.*, 1997). *In vitro* merupakan suatu metode yang tergolong murah dan tidak memakan waktu. Metode ini meniru karakteristik fisiologis dan kimia dari sistem pencernaan hewan dan dapat meningkatkan efisiensi pengguna apabila diterapkan pada kuantitas yang besar menggunakan tes pencernaan pepsin (Bryan and Classen, 2020).

1. Kecernaan Protein Kasar (KcPK)

Sampel ditimbang sebanyak 1 gram. Kemudian tambahkan larutan *buffer* dan enzim pepsin pada pH ±2,0, lalu diinkubasi pada suhu 41°C selama 2 jam. Setelah itu, pH dinaikkan menjadi 6,8–7,0 dan ditambahkan campuran trypsin–chymotrypsin, kemudian diinkubasi kembali selama 4–6 jam. Residu hasil inkubasi disaring, dikeringkan pada suhu 105°C hingga berat konstan, lalu dianalisis pencernaan protein kasarnya menggunakan rumus :

$$\% \text{ KcPK} = \frac{(\text{Bobot sampel} \times \text{PK awal}) - (\text{Bobot residu} \times \text{PK residu})}{(\text{bobot sampel} \times \text{PK awal})} \times 100 \%$$

2. Kecernaan Serat Kasar (KcSK)

Sampel ditimbang sebanyak 1 gram. Kemudian tambahkan larutan pepsin-HCL pada pH ±2,0, lalu diinkubasi pada suhu 41°C selama 2 jam. Tambahkan larutan pankreatin-NaHCO₃ dan enzim serat. Kemudian diinkubasi kembali selama 2-12 jam pada suhu 40°C. Residu hasil inkubasi disaring, dikeringkan pada suhu 105°C hingga berat konstan, lalu dianalisis pencernaan serat kasarnya menggunakan rumus :

$$\% \text{ KcSK} = \frac{(\text{Bobot sampel} \times \text{SK awal}) - (\text{Bobot residu} \times \text{SK residu})}{(\text{bobot sampel} \times \text{SK awal})} \times 100 \%$$

Analisis Data

Data yang diperoleh di analisis menggunakan Analisis Ragam (ANOVA) sesuai rancangan penelitian, apabila diperoleh hasil yang signifikan dilanjutkan dengan uji Duncan menggunakan aplikasi SPSS versi 25.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan fisik *Palm Kernel Cake* (PKC) menggunakan metode separasi dan ekstrusi menghasilkan perbedaan respons

terhadap pencernaan protein kasar/PK dan serat kasar/SK berdasarkan pengujian *in vitro*. Hasil pencernaan tersebut disajikan di [Tabel 2](#).

Tabel 2. Rataan Nilai Kecernaan Protein Kasar dan Serat Kasar Pengolahan Fisik *Palm Kernel Cake*.

Uraian	P ₁	P ₂	P ₃
Kecernaan PK (%)	48,89 ± 0,76 ^a	75,21 ± 1,64 ^c	67,01 ± 5,34 ^b
Kecernaan SK (%)	38,45 ± 0,20 ^a	42,26 ± 2,49 ^b	42,65 ± 0,88 ^b

Keterangan: ^{a,b,c} superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perlakuan berbeda nyata (P < 0,05). PK: protein kasar, SK: serat kasar, P₁ (PKC tanpa perlakuan), P₂ (PKC hasil pengayakan), P₃ (PKC hasil kombinasi pengayakan dan ekstrusi).

Kecernaan Protein Kasar

Hasil analisis menunjukkan bahwa kecernaan protein kasar *Palm Kernel Cake* (PKC) tanpa perlakuan, PKC hasil pengayakan dan PKC hasil kombinasi pengayakan dan ekstrusi menghasilkan hasil yang signifikan (P < 0,05). Berdasarkan **Tabel 2**, nilai rata-rata kecernaan protein kasar (PK) pada PKC hasil pengayakan mencapai 75,21%, lebih tinggi dibandingkan PKC tanpa perlakuan (48,89%) dan PKC hasil kombinasi pengayakan dan ekstrusi (67,01%). Nilai rata-rata kecernaan protein kasar yang diperoleh dalam penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan hasil yang dilaporkan oleh **Faridah et al. (2020)**. Dalam penelitian tersebut, kecernaan protein kasar pada unggas yang diberi PKC hasil ekstrusi dan pengayakan masing-masing mencapai 80,5% dan 85,2%, sedangkan PKC tanpa perlakuan sebesar 70,0%. Hasil serupa dilaporkan oleh **Ahmed et al. (2014)**, yang menunjukkan bahwa kecernaan protein kasar kanola meningkat setelah proses ekstrusi (75,3%) dibandingkan dengan kanola tanpa perlakuan (69,3%). Perlakuan ekstrusi juga meningkatkan kecernaan protein pada legum secara *in vitro* (**El-Hady and Habiba, 2003**).

Penelitian ini menunjukkan bahwa *Palm Kernel Cake* (PKC) rentan terhadap proses *hydrothermal* yang secara nyata mengurangi daya cerna pepsin protein secara *in vitro* apabila dibandingkan dengan perlakuan separasi yang memiliki daya cerna lebih tinggi. Nilai kecernaan

PKC yang diproses melalui pengayakan serta kombinasi pengayakan dan ekstrusi lebih tinggi dibandingkan dengan PKC tanpa perlakuan (kontrol). Hal ini disebabkan oleh pengurangan ukuran partikel yang kecil dan seragam, yang mengakibatkan penurunan cangkang sehingga area permukaan semakin luas pada usus unggas, yang membuat akses lebih besar terhadap enzim pencernaan sehingga terjadi peningkatan kinerja pencernaan protein kasar. **Rahman et al. (2015)** melaporkan bahwa proses ekstrusi dapat meningkatkan kecernaan protein akibat terjadinya denaturasi protein selama perlakuan panas. Peningkatan ini terlihat pada PKC yang diekstrusi dibandingkan dengan tanpa perlakuan. Ekstrusi yang melibatkan suhu dan tekanan yang tinggi memecahkan komponen protein dan serat kasar sehingga enzim dapat mencerna molekul protein (**Faridah et al., 2020**). Kecernaan protein kasar pada suatu bahan yang diekstrusi tidak selalu meningkat. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya kondisi proses, komposisi kimia bahan, mesin yang digunakan, dan faktor lainnya. Penggunaan suhu yang berlebihan pada akhirnya menurunkan daya larut protein dan merusak beberapa asam amino, terutama lisin (**Rahman et al., 2015**).

Kecernaan Serat Kasar

Hasil kecernaan serat kasar pada **Tabel 2** menunjukkan hasil yang signifikan (p < 0,05), di mana *Palm Kernel Cake* (PKC) tanpa perlakuan berbeda nyata

dengan kedua perlakuan lainnya, namun PKC hasil pengayakan tidak berbeda dengan PKC hasil kombinasi pengayakan dan ekstrusi. Nilai kecernaan serat kasar/SK terendah yaitu pada PKC tanpa perlakuan 38,45%, PKC hasil pengayakan 42,26%, dan hasil kombinasi pengayakan dan ekstrusi 42,65%. Dibandingkan dengan PKC tanpa perlakuan, perlakuan pengayakan serta kombinasi pengayakan dan ekstrusi menunjukkan nilai kecernaan serat kasar yang lebih tinggi. Menurut [Putrayasa et al. \(2023\)](#), kecernaan serat kasar/SK ditentukan oleh berbagai faktor, seperti kandungan serat dalam ransum, komposisi komponen serat, tingkat konsumsi pakan, dan aktivitas mikroorganismenya.

Kecernaan serat kasar dipengaruhi oleh tingginya kandungan serat kasar (SK) dalam pakan yang membuat laju pakan menjadi lebih cepat sehingga penyerapan nutrisi menjadi rendah ataupun berpotensi merusak vili-vili usus unggas. Kondisi ini terlihat pada *Palm Kernel Cake* (PKC) tanpa perlakuan, yang mempunyai kadar cangkang yang masih tinggi atau menempel pada bungkil inti sawit meskipun telah diayak dengan ukuran *screen* 5 mL, berbanding terbalik dengan perlakuan PKC hasil pengayakan dan hasil kombinasi pengayakan dan ekstrusi yang telah mengalami pengecilan ukuran atau penyeragaman ukuran *mesh*, yaitu ≤ 30 atau 0,600 mm, dan tambahan perlakuan ekstrusi yang melibatkan suhu dan gesekan. Penelitian [Halim et al. \(2021\)](#) menunjukkan bahwa pengurangan cangkang dan serat pada bungkil inti sawit dari ≥ 15 % menjadi ≤ 12 % mampu meningkatkan penambahan bobot badan unggas pada penggunaan PKC 15–30 %. Pada penelitian ini ukuran ayakan *mesh* ≤ 30 atau 0,600 mm menunjukkan bahwa hampir 85 % PKC terdistribusi pada

ayakan *mesh* ≤ 30 dan sisanya 15 % berupa cangkang dan kontaminan lainnya tertahan pada ukuran ayakan *mesh* >30 . Hal ini memungkinkan bahwa perlakuan pengayakan dengan ukuran *mesh* ini mampu meningkatkan penambahan bobot badan unggas. Ukuran pakan yang optimal pada akhirnya akan meningkatkan efisiensi pencernaan sebagai akibat memperluas area enzim pencernaan dalam mencerna pakan tersebut. Serat kasar dibutuhkan oleh unggas dalam jumlah tertentu untuk mengoptimalkan kinerja organ pencernaan seperti gizzard, yaitu meningkatkan *refluks gastroduodenal* dalam memfasilitasi kontak antara nutrisi dan enzim pencernaan. Namun penggunaan SK >28 % akan merusak dinding usus unggas. Menurut [Amerah et al. \(2007\)](#), ukuran partikel optimal harus di antara 600 dan 900 μm . Selain itu, kandungan *Non-Starch Polysaccharides* (NSP) yang terkandung dalam PKC juga meningkatkan viskositas, mempercepat aliran pakan yang menghasilkan penurunan konsumsi pakan dan penyerapan nutrisi sehingga berpengaruh terhadap performa pertumbuhan unggas. Perlakuan ekstrusi diduga mampu menurunkan kandungan NSP. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai kecernaan SK secara numerik pada kombinasi pengayakan dan ekstrusi yang lebih tinggi dibandingkan dengan PKC hasil pengayakan. Namun, perlakuan ekstrusi menggunakan suhu 91 °C dan kadar air 42% belum mampu meningkatkan kecernaan SK dibandingkan dengan PKC yang diayak, meskipun perlakuan tersebut menghasilkan nilai nutrisi SK yang lebih tinggi. [Riswahadi et al., \(2023\)](#) menambahkan bahwa proses ekstrusi mengakibatkan peningkatan konsentrasi serat larut.

KESIMPULAN

Perlakuan pengayakan maupun kombinasi pengayakan dan ekstrusi sama-sama meningkatkan pencernaan protein kasar dan serat kasar, namun perlakuan

pengayakan lebih tinggi dari perlakuan kombinasi pengayakan dan ekstrusi pada pencernaan protein kasar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi kepada Kementerian Keuangan Republik Indonesia (Kemenkeu) atas dukungan

pendanaan pendidikan berupa program beasiswa LPDP.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, A., I. Zulkifli, A. S. Farjam, N. Abdullah, and J. B. Liang. 2014. Extrusion enhances metabolizable energy and ileal amino acids digestibility of canola meal for broiler chickens. *Ital. J. Anim. Sci.* 13:44–47. doi:10.4081/ijas.2014.3032.
- Amerah, A. M., V. Ravindran, R. G. Lentle, and D. G. Thomas. 2007. Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry. *Worlds Poult. Sci. J.* 63:439–455. doi:10.1017/S0043933907001560.
- Azizi, M. N., T. C. Loh, H. L. Foo, and E. L. Teik Chung. 2021. Is Palm Kernel Cake a Suitable Alternative Feed Ingredient for Poultry? *Animals.* 11:338. doi:10.3390/ani11020338.
- Bryan, D. D. S. L., and H. L. Classen. 2020. In vitro methods of assessing protein quality for poultry. *Animals.* 10:1–19. doi:10.3390/ani10040551.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2022. Statistik Perkebunan Non Unggulan Nasional 2020-2022. Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan. 1–572.
- El-Hady, E. A. A., and R. A. Habiba. 2003. Effect of soaking and extrusion conditions on antinutrients and protein digestibility of legume seeds. *Lwt.* 36:285–293. doi:10.1016/S0023-6438(02)00217-7.
- Faridah, H. S., Y. M. Goh, M. M. Noordin, and J. B. Liang. 2020. Extrusion enhances apparent metabolizable energy, ileal protein and amino acid digestibility of palm kernel cake in broilers. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 33:1965–1974. doi:10.5713/ajas.19.
- Foni, L. R., H. A. Sukria, Y. Retnani, and S. T. Risyahadi. 2023. Teknik Separasi dan Optimasi Proses Ekstrusi Bungkil Inti Sawit sebagai Bahan Baku Pakan. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan.* 21:123–129. doi:10.29244/jintp.21.2.123-129.
- Gomez-Osorio, L.-M., J. U. Nielsen, H. J. Martens, and R. Wimmer. 2022. Upgrading the Nutritional Value of PKC Using a *Bacillus subtilis* Derived Monocomponent β -Mannanase. *Molecules.* 27:563. doi:10.3390/molecules27020563.
- Halim, R. M., Ramli, R., C. M. Che Rahmat, H. Numan Abdul, O. Mohd Firdaus, and A. A. B. D. Aziz. 2021. Quality Improvement of Palm Kernel Cake

- as Broiler Feed Using Pre-Cleaning System. *J. Oil Palm Res.* 33:458–472. doi:10.21894/jopr.2020.0112.
- Kementerian Pertanian. 2023. Pemanfaatan Jagung Lokal oleh Industri Pakan Tahun 2022. Direktorat Pakan.
- Mairizal, F. Manin, and E. Hendalia. 2019. The Effect of Giving Probiotics and Palm Kernel Meal Subjected to Enzymatic Hydrolysis with Mannanase on Broiler Growth Performance. *Pakistan Journal of Nutrition.* 18:997–1003. doi:10.3923/pjn.2019.997.1003.
- Nafisah, A., A. Asfiandi, M. Ridla, and dan Rita Mutia. 2022. Nutrient Content and Physical Characteristics Linkage of Palm Kernel Meal and Coconut Meal after Wet Separation using Molecular Weight Approac. *Jambura Journal of Animal Science E.* 5:2855–2280.
- Parsons, C. M., F. Castanon, and Y. Han. 1997. Protein and Amino Acid Quality of Meat and Bone Meal. *Poult. Sci.* 76:361–368. doi:https://doi.org/10.1093/ps/76.2.361.
- Prasetya, R. D. D., M. Rahmadani, Nahrowi, and A. Jayanegara. 2021. Effect of dietary palm kernel meal on laying hens. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 883. doi:10.1088/1755-1315/883/1/012064.
- Putrayasa, I. K. E. A., I. G. Mahardika, and I. W. Sudiastira. 2023. Kecernaan Nutrien Ransum Komersial yang Disubstitusi dengan Duckweed (Lemna Minor) Fermentasi *Saccharomyces Cerevisiae* Pada Broiler. *Jurnal Peternakan Tropika.* 12:318–334.
- Rahman, M. A. U., A. Rehman, X. Chuanqi, Z. X. Long, C. Binghai, J. Linbao, and S. Huawei. 2015. Extrusion of Feed/Feed Ingredients and Its Effect on Digestibility and Performance of Poultry: A Review. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 4:48–61.
- Risyahadi, S. T., H. A. Sukria, Y. Retnani, I. Wijayanti, A. Jayanegara, and N. Qomariyah. 2023. Effects of dietary extrusion on the performance and apparent ileal digestion of broilers: a meta-analysis. *Ital. J. Anim. Sci.* 22:291–300. doi:10.1080/1828051X
- Standar Nasional Indonesia. 2015. Badan Standar Nasional Nomor SNI 8173.1:2015 tentang Pakan Ayam Ras Pedaging (Broiler). BSN. Jakarta.
- Zubaidah, S., B. Ariyadi, C. Hanim, A. P. Baskara, and Zuprizal. 2024. Health Status of Broiler Chickens Fed Diets Containing Palm Kernel Cake with Enzyme Mixture Supplementation. *Tropical Animal Science Journal.* 47:465–474. doi:10.5398/TASJ.2024.47.4.465.